

ALÉM DO PROJETO CONCEITUAL: A REMANUFATURA NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Olivia Toshie Oiko (UEM)
otoiko@uem.br

Yovana Maria Barrera Saavedra (EESC-USP)
ybarrera11@yahoo.es

Daniel Capaldo Amaral (EESC-USP)
amaral@sc.usp.br

Aldo Ometto (EESC-USP)
aometto@sc.usp.br



A preocupação com a questão ambiental nas empresas é relativamente recente. É evidente, porém, a evolução do que se convencionou chamar de abordagem “fim-de-tubo” ou reativa, para uma abordagem mais pró-ativa. Isto inclui a responsabilidade pelo produto no pós-uso, para as quais há algumas alternativas, dentre elas, a remanufatura, que precisa ser considerada desde as etapas iniciais de seu desenvolvimento, fase em que as decisões têm maior influência durante todo o ciclo de vida. Essa área de pesquisa é conhecida como Design For Remanufacturing (projeto para remanufatura). Este artigo compila métodos de Design for Remanufacturing, analisando-os quanto a sua aplicabilidade nas diversas etapas de um modelo para o processo de desenvolvimento de produtos (PDP). Partindo da análise, discute teoricamente como a remanufatura pode ser considerada no desenvolvimento do produto e indica temas de pesquisa e aspectos para o avanço dos métodos. O principal resultado é a demonstração de que os métodos propostos concentram-se na fase de projeto conceitual. Embora a abordagem do Design for Remanufacturing seja apropriada para tal fase, o resultado indica que o planejamento da remanufatura deve iniciar antes e prosseguir após esta fase. Contribui, portanto, com a identificação de duas importantes lacunas nas pesquisas da área.

Palavras-chaves: Remanufatura, Processo de desenvolvimento de produtos, Eco-design, Engenharia do ciclo de vida.

1. Introdução

A preocupação com a sustentabilidade das ações humanas em relação ao meio ambiente é uma questão relativamente recente. Atualmente, sustentabilidade é um conceito sistêmico relacionado à continuidade dos aspectos econômicos, sociais, institucionais e ambientais. Inicialmente, a responsabilidade ambiental das empresas limitava-se à manufatura do produto; hoje, as empresas estão sendo incentivadas a ser responsáveis pelo produto durante todas as fases do ciclo de vida, incluindo a fase pós-consumo. Por exemplo, apresentam-se estratégias para a incorporação de materiais pós-consumo na manufatura do produto novo (reciclagem), ou novas oportunidades de negócio que visam criar um valor adicional no produto original, caso de algumas opções de fim de vida como a remanufatura, o reuso e a reparação.

Um fator relevante que contribuiu para este quadro é o fato de que as legislações atuais serem cada vez mais restritivas, obrigando também as empresas a desenvolver produtos mais sustentáveis por meio da diminuição dos impactos ambientais negativos de seus processos. Outro fator contribuinte é a escolha dos clientes, fazendo com que as empresas que apresentam produtos mais sustentáveis sem perder suas características iniciais de funcionalidade e qualidade consigam maior fidelização do cliente e sua aceitação, além de entrar em mercados que exigem maior grau de compromisso com a questão ambiental.

Conforme a definição proposta por Bourke (2000), o Ciclo de Vida do Produto compreende todas as fases de existência de um produto, constituído desde a concepção, definição, produção, entrega, manutenção, até a retirada do mercado na fase de fim-de-vida. Thierry, *et. al* (1995) sintetizam as opções de recuperação do produto (*product recovery*). Segundo estes autores, os produtos podem ser revendidos diretamente, recuperados (*recovered*) ou descartados. A recuperação pode assumir diferentes formas: reparo, recondicionamento (*refurbishment*), remanufatura, canibalização e reciclagem. O reparo, o recondicionamento e a remanufatura objetivam melhorias na qualidade e/ ou tecnologia dos produtos usados, diferindo quanto ao grau de “melhoria”. A Figura 1 ilustra estas diversas opções.

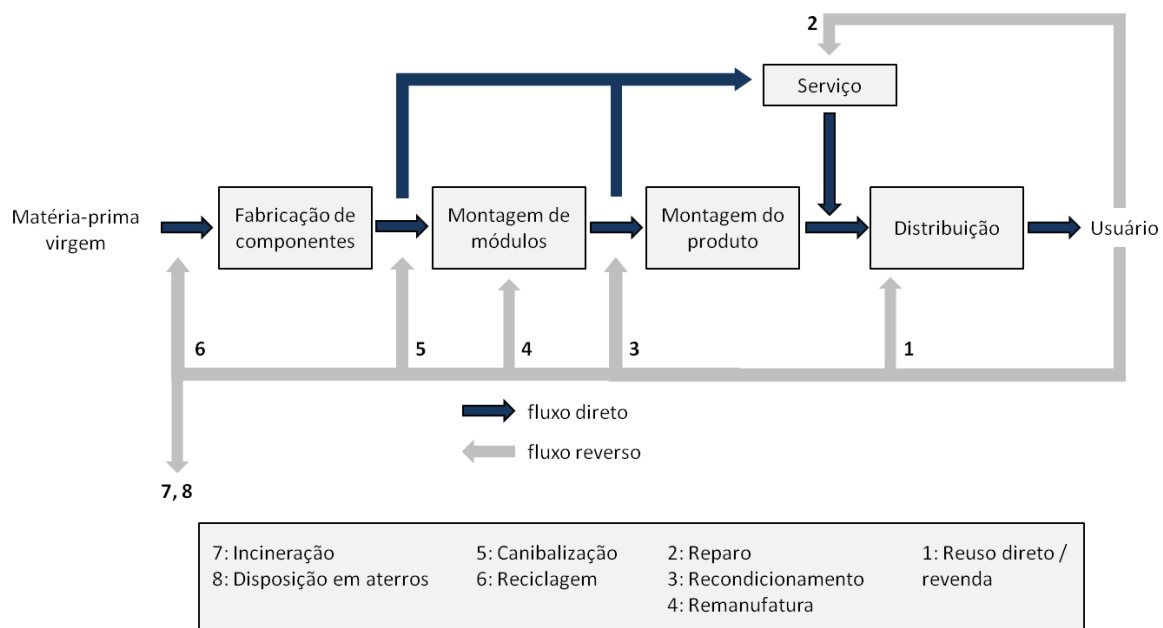


Figura 1 - Ciclo de vida do produto e suas opções de destinação pós-uso (Fonte: THIERRY *et. al*, 1995)

De acordo com a Comissão das Comunidades Europeias (2001), as principais decisões relativas aos impactos ambientais do produto são tomadas durante seu projeto e na escolha do consumidor. Uma vez o produto lançado no mercado, há relativamente pouco o que fazer para melhorar suas características ambientais. Do mesmo modo, todos os esforços durante a concepção do produto serão desperdiçados se os consumidores não optarem por produtos mais adequados ambientalmente, ou não os utilizarem corretamente.

Segundo Alting & Legarth (1995), a engenharia do ciclo de vida (ECV) surge com a finalidade de incorporar as questões e parâmetros ambientais ao ciclo de vida, durante o desenvolvimento do produto, contemplando todas as fases onde possam ser incorporadas as questões ambientais.

Deste modo, este trabalho objetiva discutir teoricamente como a remanufatura pode ser considerada no desenvolvimento do produto e indicar temas de pesquisa e aspectos para o avanço dos métodos. Para isto, nas seções seguintes, são apresentados conceitos sobre a remanufatura, o modelo do processo de desenvolvimento de produtos (PDP) proposto por Rozenfeld *et. al* (2006) e, em seguida, uma compilação de métodos de *Design for Remanufacturing*. A partir disto, analisam-se os métodos compilados quanto a sua aplicabilidade nas diversas etapas do PDP. Os resultados demonstram que os métodos propostos concentram-se na fase de projeto conceitual. Embora o *Design for Remanufacturing* seja apropriado para tal fase, o resultado da análise indica que o planejamento da remanufatura deve iniciar antes desta fase e prosseguir após ela.

2. Remanufatura

A remanufatura é um processo em que os produtos usados são restaurados à condição de novos, possuindo a mesma função, garantia e qualidade fornecidas pelo fabricante original (*Original Equipment Manufacturer* - OEM). Visa redução de custos e diminuição dos danos ambientais, por meio de redução no uso de energia e de materiais (KERR & RYAN, 2001; GRAY & CHARTER, 2006; IJOMAH *et. al*, 2007).

O condicionamento de produtos é uma prática antiga que provavelmente acompanha a indústria desde os seus primeiros passos, dado que seja algo comum em empresas de bens de capital, por exemplo, cujos produtos possuem tecnologias maduras e podem apresentar alta durabilidade, impedindo a obsolescência. Contudo, segundo Gray & Charter (2006), a remanufatura teve início na primeira guerra mundial, em que os tanques utilizados foram remanufaturados e posteriormente utilizados na segunda guerra mundial. Embora hoje existam grandes empresas que utilizam a remanufatura em seus processos como é o caso da Caterpillar, Xerox, a maioria são pequenas empresas que se encarregam da implementação da remanufatura.

Exemplos de setores que integram a remanufatura dentro de seus processos são: aeroespacial, equipamentos de padaria, compressores, equipamentos de refrigeração, fotocopiadoras, máquinas de jogos, cartuchos e *toners* de impressoras, robôs entre outros. (GRAY & CHARTER, 2006).

Os principais passos da remanufatura iniciam com a coleta do núcleo ou *core*, que é o fator mais importante para realizar o processo da remanufatura. O núcleo se refere aos produtos usados, ou a sua parte, cuja ausência impediria o processo da remanufatura. Além disso, o núcleo permite que o produto possa ser remanufaturado mais de uma vez. (GRAY & CHARTER, 2006; STEINHILPER, 1998).

O passo seguinte, da inspeção e identificação das partes, objetiva determinar se elas não

apresentem nenhum tipo de quebra ou dano, além de identificá-las, a fim de conseguir uma melhor organização na armazenagem e maior rapidez quando forem solicitadas nas montagens.

A desmontagem completa do produto é importante para dar a característica de quase novo ao produto remanufaturado e é a atividade que mais despende tempo no processo da remanufatura devido ao seu grau de complexidade.

A etapa de limpeza e armazenamento das peças visa conseguir que as partes, após a desmontagem, possam alcançar as características físicas de um produto novo. Devido à sua complexidade, a limpeza requer em muitos casos o uso de diversos métodos que possam ser usados seqüencialmente ou simultaneamente. Steinhilper (1998) menciona quatro variantes de processo que contribuem para a limpeza: efeitos químicos (ex: detergentes), influência da temperatura (ex. calor), ação mecânica (ex. remoção por jato de água) e o tempo (ex. duração do processo). Já o armazenamento se refere ao local onde o material vai ficar para a montagem dos produtos posteriores.

O teste das partes é fundamental e permite descartar as peças que não podem ser usadas no processo de remanufatura e, portanto, devem ser dispostas para outros fins como reparo, recondicionamento, descarte, reciclagem ou para outra disposição final adequada.

A restauração e troca das partes é uma das atividades mais importantes, pois nesta fase é determinado o nível em que o produto pode ser remontado a fim de adquirir as condições de novo. As partes que não podem ser adequadamente restauradas devem ser substituídas por novas para que o produto não perca sua característica de novo.

A remontagem refere-se à nova montagem do produto remanufaturado. Já o teste final visa assegurar que o produto remanufaturado cumpra com a similaridade de um produto novo obtendo as mesmas características e funcionalidades.

Gray & Charter (2006) mencionam alguns dos fatores importantes para que a remanufatura obtenha sucesso: existência de tecnologia para restabelecimento do produto, alto valor do núcleo ou *core*, existência de partes intercambiáveis, tecnologia estável ao longo do ciclo de vida, existência de demanda suficiente para os produtos remanufaturados, presença de canais reversos de coleta (influencia do modelo de negócio), informação atualizada referente à legislação ambiental vigente e opções de disposição. Ijomah *et. al* (2007) mencionam algumas considerações que afetam o processo produtivo da remanufatura:

- a) O tipo de montagem do produto pode ocasionar problemas de desmontagem, atividade principal no processo de remanufatura;
- b) A solda presente nos produtos impossibilita a desmontagem e pode causar quebra de peças;
- c) Os materiais não duráveis não podem ser usados nos processos de remanufatura, pois aumentam os custos e diminuem o ciclo de vida do produto;
- d) Em alguns casos o uso de parafusos aumenta o tempo de desmontagem como de remontagem, embora não impossibilite o processo;
- e) Quanto maior o número de componentes do produto maior o tempo nos passos da remanufatura.

As vantagens gerais apresentadas como consequência da remanufatura podem ser agrupadas em três principais focos de atenção:

- a) Ambiental: dentro desse foco se apresenta uma redução dos resíduos, diminuindo o espaço para o armazenamento e disposição dos mesmos, a diminuição no gasto de energia e nas emissões geradas pelos processos, entre outros;
- b) Social: se apresenta a geração de empregos pois algumas das atividades no processo devem ser realizadas de maneira cuidadosa e manual, aumentando o número de pessoas envolvidas nas atividades do processo da remanufatura; o aumento da pesquisa e o desenvolvimento de inovações e habilidades para o processo, melhoramento de qualidade de vida, entre outros;
- c) Econômica: diminuição de custos, aumento na eficiência do processo, melhoria da imagem da empresa, fidelização do cliente, oportunidade de novos negócios e entradas a novos mercados.

Nota-se que vários desses fatores de influência no processo de remanufatura são determinados no projeto do produto. Daí a importância desta etapa para o sucesso da remanufatura.

3. Modelo de processo de desenvolvimento de produtos

Desenvolver produtos consiste no conjunto de atividades por meio das quais se busca, a partir das necessidades do mercado e das possibilidades e restrições tecnológicas, e considerando as estratégias competitivas e de produto da empresa, se chegar às especificidades de projeto de um produto e de seu processo de produção, para que a manufatura seja capaz de produzi-lo e acompanhá-lo após seu lançamento. Ainda fazem parte desse processo, realizar as eventuais mudanças necessárias nessas especificações, planejar a descontinuidade do produto no mercado e incorporar, no processo de desenvolvimento, as lições aprendidas ao longo do ciclo de vida do produto (ROZENFELD *et. al.*, 2006).

O desenvolvimento de produtos é um processo criativo e único, que apresenta alto grau de incerteza e baixa previsibilidade. Portanto, não pode ser gerenciado de maneira estruturada como processos de negócio do tipo operação. Contudo, a necessidade de integração e de coordenação das atividades de desenvolvimento levou Rozenfeld *et. al* (2006) à apresentação de um modelo para este processo de negócio, com ênfase para sua estruturação e gestão.

Existem vários modelos teóricos na literatura. Emprega-se, neste trabalho o modelo de Rozenfeld *et. al* (2006). O modelo é dividido nas macrofases: pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento (Figura 2). O que caracteriza uma fase são resultados que não são mais alterados após o término e avaliação (*gate*) da fase. Embora as fases estejam representadas de forma seqüencial, elas podem estar sobrepostas em um projeto real. O escopo de aplicação do modelo é claramente delimitado, ficando bastante explícito que ele foi criado para processos de desenvolvimento de produtos de bens de capital e de consumo duráveis, que não consistam em projetos revolucionários.

A fase de pré-desenvolvimento compreende o Planejamento Estratégico do Produto e o Planejamento do Projeto e deve garantir que o direcionamento estratégico, definido pela empresa no Planejamento Estratégico da Corporação seja considerado no desenvolvimento de produtos. As idéias de todos os atores internos e externos envolvidos e as oportunidades e restrições devem ser identificadas e transformadas em um conjunto de projetos bem definidos, isto é, no portfólio de projetos a desenvolver. Na fase de Planejamento do Projeto, são definidos o escopo, os recursos disponíveis, as pessoas responsáveis, a duração e os custos do projeto para um produto em particular do portfólio.

Na macro-fase de desenvolvimento, estão incluídas as fases de Projeto Informacional, Projeto

Conceitual, Projeto Detalhado, Preparação da Produção e Lançamento do Produto.

O objetivo do Projeto Informacional é desenvolver um conjunto de informações, o mais completo possível chamado de especificações-meta do produto que refletem as necessidades dos clientes e orientam a geração de soluções e que serão utilizadas nas etapas posteriores do processo de desenvolvimento. O ciclo de vida do produto, os seus requerimentos e as partes envolvidas são determinados na fase do projeto informacional.

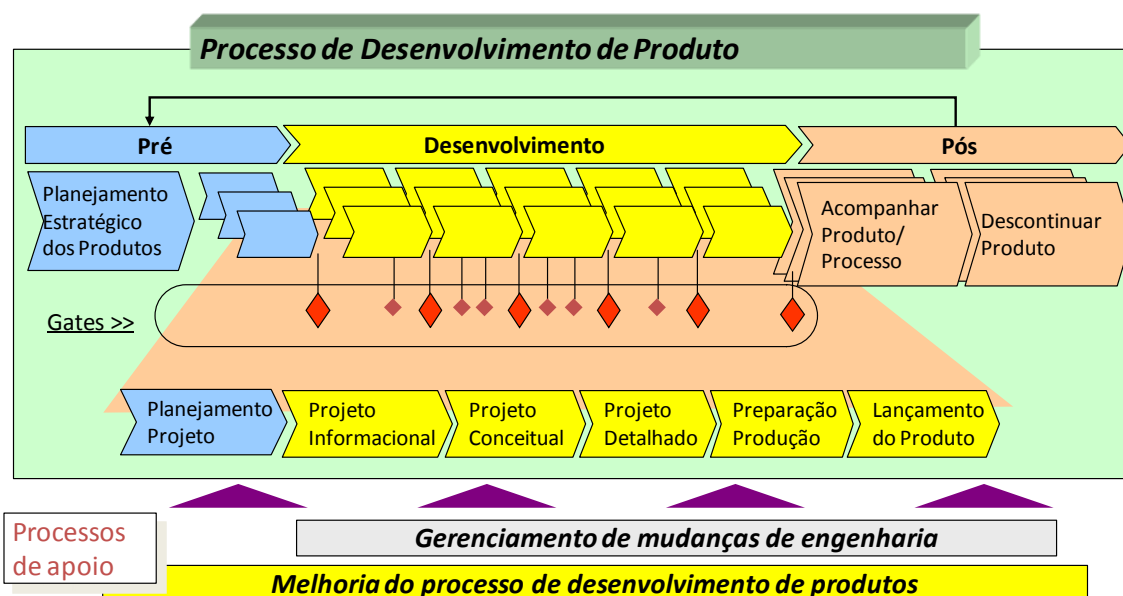


Figura 2 - Visão geral do modelo de referência para o Processo de Desenvolvimento de Produtos (Fonte: ROZENFELD *et. al*, 2006)

Nesta fase de Projeto Conceitual, os autores propõem a busca, criação, representação e seleção de soluções para o problema de projeto. Inicialmente, é feita a modelagem (descrição) das funções que o produto deve apresentar, de forma abstrata, independente dos princípios físicos, sem pensar na solução para estas funções. A partir desta estrutura de funções, são propostos princípios de solução para cada uma das funções, utilizando os chamados métodos de criatividade intuitivos, sistemáticos ou orientados. A combinação de vários princípios de soluções define uma alternativa de solução ou arquitetura (componentes e suas conexões). O desenvolvimento das arquiteturas pode contar com a utilização de diversas abordagens, conhecidas como DFX (*Design for X*, sendo que o X representa várias considerações de aspectos produtivos e de desempenho). Por exemplo, tem-se o *design for manufacturing* (fabricação), *assembly* (montagem), *disassembly* (desmontagem), *recycling* (reciclagem), *environment* (meio-ambiente), e mesmo *remanufacturing* (remanufatura), entre outros. O desenvolvimento destas arquiteturas dá origem às concepções (estrutura agregando estilo e possíveis fornecedores). A seleção de uma das concepções visa apontar a que mais atende às especificações-meta.

As atividades de detalhamento do projeto, a partir do projeto conceitual, até o nível de definição de quais sistemas, subsistemas e componentes (SSCs) serão comprados e a especificação de todos os parâmetros, variáveis e processos de SSCs a serem produzidos internamente, criação de material de suporte e projeto da embalagem e do fim de vida do produto, bem como seus testes e homologação ocorrem na fase de Projeto Detalhado. Esta fase conta com três ciclos que podem ocorrer com grau elevado de simultaneidade em relação

aos diferentes SSCs: ciclo de detalhamento (criar e detalhar SSCs, documentação e configuração), de aquisição (*make or buy decision* e desenvolver fornecedores) e de otimização (avaliar SSCs, configurar e documentar produto e processo).

Paralelamente a estes ciclos, ocorre o planejamento do processo de fabricação e montagem. Após a realização dos ciclos mencionados, acontece a documentação final do produto (ROZENFELD *et. al*, 2006). Todos os recursos de manufatura são especificados, manuais do produto e instruções para a assistência técnica são também desenvolvidos, assim como sistemas de informação e suporte aos vendedores. Na próxima fase, a Preparação da Produção, o primeiro novo produto é recebido, testado e, quando aprovado, um lote piloto é produzido e um novo processo de produção pode ser mapeado e estabilizado. A fase de Lançamento do Produto ocorre paralelamente à fase de Preparação da Produção, onde outros processos de negócio, como assistência técnica e serviço ao consumidor, são mapeados (GUELERE FILHO & ROZENFELD, 2006). Também é nesta fase que se faz a última atualização do plano de fim-de-vida, criado no Detalhamento antes de passá-lo para a responsabilidade da Produção.

Finalmente, a macro-fase de pós-desenvolvimento compreende as fases de Monitoramento do Processo e da Produção e a Gestão de Fim de Vida do Produto. O acompanhamento sistemático e a documentação correspondente das melhorias de produtos ocorridas durante o seu ciclo de vida são atividades centrais do pós-desenvolvimento, que também compreende a retirada sistemática do produto do mercado, fazendo com que os requisitos de gestão do meio ambiente, como reuso, reciclagem, remanufatura ou descarte do produto, sejam considerados para que a experiência possa ser útil em desenvolvimentos futuros. As atividades operacionais incluem a avaliação da satisfação dos clientes, o monitoramento do desempenho técnico do produto, as auditorias, os acompanhamentos das modificações do produto e o registro das lições aprendidas. O planejamento do pós-desenvolvimento trata dessas questões somente do ponto de vista organizacional, pois as questões técnicas são consideradas durante a macro-fase de desenvolvimento (PIGOSSO, 2008).

As áreas de conhecimento inseridas no modelo de referência proposto incluem gestão de projeto, marketing, engenharia do produto, produção, fornecimento, qualidade, custos e meio ambiente. A área de meio ambiente compreende as atividades que envolvem a incorporação do desenvolvimento sustentável e dos métodos e ferramentas para executá-lo (PIGOSSO, 2008). Rozenfeld *et. al* (2006) ressaltam que nas fases iniciais do PDP é que são definidas as principais soluções construtivas e especificações dos produtos (materiais, tecnologia, processo de fabricação, etc.), que correspondem a 85% do custo do produto final. São nessas fases que se tem o maior grau de incerteza sobre o produto e suas especificações, sobre o seu processo de fabricação e mesmo se ele será um sucesso no mercado. O custo de modificação de uma decisão anterior de projeto aumenta ao longo do seu ciclo de desenvolvimento.

4. Projeto para remanufatura

A fim de possibilitar a remanufatura, ou seja, com o objetivo de preservar as partes do produto de danos ocorridos durante a desmontagem, de forma a mantê-las em condições de uso, pode-se utilizar o Projeto para Remanufatura (*Design for Remanufacturing*). Trata-se de combinação de estratégias de eco-design incluindo Projeto para Múltiplos Ciclos de Vida, que orienta para outras estratégias como o Projeto para Atualização (*Design for Upgrade*) (GRAY & CHARTER, 2006).

Gray & Charter (2006) mencionam a Matriz RemPro apresentada por Sundin (2004) que relaciona certas características do produto que facilitam as diversas etapas da Remanufatura.

Dentre as características listadas, as que mais viabilizam etapas da remanufatura são: facilidade de identificação, de acesso às partes, de manuseio e resistência ao desgaste. Outra matriz apresentada por Gray & Charter (2006) auxilia a escolher entre diferentes estratégias de projeto que favoreçam a cada uma das etapas da remanufatura. A seguir, é descrito brevemente como cada uma destas estratégias de projeto colabora com a remanufatura:

- a) *Design for core collection*. A adequada identificação do produto e de suas partes, por meio de etiquetas na embalagem, nas partes internas e externas do produto ou ainda pela utilização de Identificação por Rádio-Frequência (RFID) auxiliam na obtenção de núcleos.
- b) *Eco-design*. O eco-design apresenta mais de 200 métodos e ferramentas visando evidenciar e reduzir os maiores impactos ambientais ao longo do ciclo de vida de produto. (BAUMANN, BOONS & BRAGD, 2002; BYGGETH & HOCHSCHORNER, 2006). Diversos de seus princípios estão alinhados aos da remanufatura, como:
 - Eficiência dos materiais, por meio de mínimo uso, materiais menos nocivos, renováveis ou recuperados;
 - Eficiência energética, buscando minimizar o consumo de energia total durante ciclo de vida, procurando utilizar fontes renováveis, materiais e métodos de menor consumo;
 - Redução do uso da terra, por meio de menores instalações;
 - Projeto para produção e uso mais limpos, evitando o uso de materiais indiretos e consumíveis nocivos;
 - Projeto para otimização de funcionalidades, visando a multifuncionalidade e modularidade;
 - Projeto para o reuso.
- c) *Design for disassembly*. Em operações de desmontagem, a necessidade de proteções ao trabalhador diminui com a eliminação de materiais perigosos (como os especificados em legislações e em listas “negras”, “cinzas” ou “brancas” de materiais). Villalba *et al* (2004) propõem o uso de um índice de reciclabilidade na avaliação e escolha de materiais visando a desmontagem.
- d) *Design for multiple lifecycle*. São considerados aspectos quanto à facilidade de limpeza, confiabilidade, durabilidade e reparos. Por exemplo, deve-se disponibilizar informações sobre necessidade de revisão e substituição de consumíveis, que prolonguem a vida útil do produto.
- e) *Design for upgrade*. Ter por base o Projeto da plataforma, agrupando em módulos componentes essenciais ou sujeitos a falhas; e o Projeto para vida ótima, que requer o aviso ao consumidor do fim do período de uso que otimiza o desempenho ambiental ou funcional, a partir de dados de RFID.
- f) *Design for Evaluation*. Visa disponibilização de informação sobre o estado do produto, a partir de registros embarcados ou RFID, peças de sacrifício ou ainda registros tradicionais.

Ainda, encontram-se na literatura outras recomendações gerais para o projeto para remanufatura, com relação a formato dos componentes, fixações e montagens, complexidade do produto, fragilidade das partes, formas de montar e desmontar, identificação das partes e superfícies (IJOMAH *et al*, 2007).

Ijomah *et al* (2007) reforçam a necessidade de avaliar em cada caso, quais ferramentas do tipo “*Design for X*”, contribuem efetivamente para o sucesso da remanufatura. Além das apresentadas, ainda encontram-se a logística reversa e a redução da rejeição de produtos remanufaturados.

O projeto para remanufatura como abordagem da família *Design for X* é voltado para a fase do projeto conceitual. Contudo, recentemente tem-se notado a necessidade de incluir considerações sobre a remanufatura em estágios diversos do processo de desenvolvimento de produtos, o que pode gerar algumas confusões, quando se utiliza o mesmo termo para diferentes visões.

Segundo Gray & Charter (2006), o projeto para remanufatura desenvolve-se em dois níveis que se inter-relacionam: o do Modelo de Negócio e da Estratégia de Projeto do Produto, em que são definidas as estratégias de venda do produto, marketing, serviços de suporte e coleta de núcleos (logística reversa); e o nível do Projeto Detalhado do Produto, em que é realizado o projeto detalhado de engenharia. Assim, os autores tratam do projeto conceitual e aspectos de engenharia, mas também exploram o que chamam de direcionadores e desafios relacionados ao projeto para remanufatura como modelo de negócio.

A fim de ilustrar o uso das estratégias de projeto visando a remanufatura, Gray & Charter (2006) apresentam o caso da Xerox, que desde 2001 projeta para remanufatura 100% dos produtos lançados. O projeto da Xerox inicia-se com a intenção estratégica, em que constam metas de preço e custo, posicionamento no mercado, portfólio de produtos e requisitos do cliente, benefícios ao meio ambiente pretendidos com o produto e a avaliação de recursos disponíveis e necessários. O projeto é baseado em plataformas comuns, compostas de mecanismos principais, e equipamentos periféricos comuns a muitos modelos. Para facilitar a desmontagem, os produtos contêm poucas peças e há uma ênfase na durabilidade, sendo que os sistemas de produção têm um ciclo de vida de cerca de 15 anos, nos quais o produto pode ser remanufaturado várias vezes, visando as mesmas especificações originais ou atualizações de capacidade ou software visando configurações melhores.

Contudo, nem sempre o projeto para remanufatura é a melhor opção tanto ambiental como economicamente. Por exemplo, Ijomah *et. al* (2007) mencionam o giroscópio, que era projetado anteriormente, visando à remanufatura, motivada pela grande utilização de mão-de-obra, ouro e cobre. Atualmente, o giroscópio é projetado para apenas um uso, devido a alguns avanços tecnológicos:

- Placas de silicone que reduziram o uso dos metais nobres;
- Plantas automatizadas que reduziram os altos custos de mão-de-obra
- Alta confiabilidade e durabilidade dos giroscópios atuais, que fazem com que o produto esteja obsoleto ao final do uso.

O resultado disto é que os giroscópios atuais apresentam melhor desempenho ambiental dos que os antigos, ainda que sejam descartados após somente um ciclo de uso.

5. Considerações sobre a remanufatura no processo de desenvolvimento de produtos

A seguir são apresentadas as principais observações para incluir o projeto para remanufatura no processo de desenvolvimento de produtos (). Na macro-fase do pré-desenvolvimento, na fase de Planejamento Estratégico dos Produtos (PEP) são tomadas decisões que influenciam no desempenho ambiental do produto. O PEP é feito a partir do Planejamento Estratégico de Negócios - PEN (Corporativo ou da Unidade de Negócio) e pode incluir sua revisão. Esta é a oportunidade para avaliar a segmentação de mercado, as tendências tecnológicas e os recursos existentes e necessários e principalmente, a definição do portfólio de produtos. Estas são atividades desenvolvidas pela Xerox e que correspondem ao nível de Modelo de Negócio e da Estratégia de Projeto do Produto, da proposta de Gray & Charter (2006). Com relação a informações sobre mercado e tecnologias, Thierry *et. al* (1995) as classificam em quatro

categorias: informações sobre a composição do produto, sobre a magnitude e incerteza dos fluxos de retorno; sobre o mercado para os produtos e componentes reprocessados; e sobre as tecnologias de remanufatura disponíveis.

Portanto, o Planejamento Estratégico de Produtos é o momento de identificar, na plataforma, quais serão os potenciais núcleos (módulos, sistemas ou subsistemas) a serem remanufaturados. Seria recomendável que a gestão de portfólio e planejamento de famílias de produtos fossem feitos considerando a possibilidade de reutilização de núcleos, até entre famílias, para baratear ainda mais o processo, por exemplo, um processo de desmontagem e remanufatura que pudesse ser utilizado para diversas linhas de produtos assim como hoje existem processos que produzem vários tipos de produtos.

Nas fases iniciais da macro-fase de desenvolvimento encontram-se boas oportunidades para projetar para a remanufatura. No Projeto Informacional, em que são definidos os requisitos do produto, a Matriz RemPro pode auxiliar na definição de características importantes. Ainda, é importante proceder a uma análise cuidadosa dos *trade-offs* entre os requisitos funcionais e características que favoreçam à remanufatura. O objetivo aqui é incluir requisitos e especificações ligadas à remanufatura. Uma recomendação é que isto não precisaria ser feito necessariamente no produto todo, mas focado nos núcleos principais.

Na fase do Projeto Conceitual, são definidos, entre outras coisas, os materiais com os quais os produtos serão construídos e onde concentram-se as ferramentas e abordagens para remanufatura, notadamente o *design for remanufacturing*. Aqui se propõe o uso de listas (“*checklists*”) “pretas”, “cinzas” e “brancas” de materiais e relações de métodos de montagem como método sistemático para a busca de soluções para o produto. Steinhilper (1998), por exemplo, traz um *checklist* de projeto para desmontagem fácil, que, como resultado, avalia se a desmontagem é “ideal”, “aceitável” ou “necessita de ação urgente”. Também pode ser utilizado o índice de remanufaturabilidade para análise dos materiais (VILLALBA *et. al*, 2004).

Já no Projeto Detalhado, mais especificamente no Ciclo de Detalhamento, uma prática bem vista é o reaproveitamento de itens. Além de diminuir o risco de colocar muitas inovações no mercado de uma só vez, isto favorece bastante a remanufatura, com o aumento o ciclo do sistema produtivo. O planejamento de portfólio (que já deveria ter sido realizado no Planejamento Estratégico do Produto) e o Gerenciamento de componentes e suprimentos (tecnologias de grupo) auxiliam bastante o reaproveitamento de itens.

Já no Ciclo de Aquisição, recomenda-se que, além dos fornecedores de matéria-prima, já seja considerado o estabelecimento de parcerias para logística reversa e mesmo para operações de remanufatura. No caso de ser decidido que operações de desmontagem e remanufatura serão realizadas internamente, é importante fazer o planejamento destas operações de forma conjunta com o planejamento de fabricação e montagem. Embora em alguns casos, as operações de remanufatura possam se iniciar somente após alguns anos depois do lançamento do produto, planejar estas operações somente no momento em que serão necessárias pode ser muito dispendioso. Realizando o detalhamento de montagem e desmontagem paralelamente seria possível encontrar as melhores soluções de compromisso (*trade-offs*) entre facilitar a montagem e a desmontagem. Por isso, ressalta-se mais uma vez a importância do planejamento de portfólio, visando ciclos maiores para o sistema produtivo.

Da mesma forma, na fase de Preparação da Produção, podem-se desenvolver os processos de produção, manutenção e remanufatura conjuntamente. Analogamente, na fase de Lançamento do Produto, pode-se desenvolver a distribuição tendo em vista os canais de logística reversa.

Por exemplo, já incluindo uma taxa na venda que será devolvida ao cliente após o retorno do produto pós-consumo ao fabricante. Ainda, a estratégia de descontinuar o produto pode incluir, além das opções já mencionadas no capítulo anterior, por exemplo, incentivos para a atualização ou substituição e devolução do produto ao fabricante, o que pode facilitar bastante as operações de remanufatura e mesmo diminuir as incertezas quanto aos fluxos de retorno. O desenvolvimento do atendimento aos clientes também deve ser preparado para esclarecer dúvidas referentes a esses procedimentos e também com relação à assistência técnica, manutenção e conservação do produto. Como benefício à fabricante, o plano de marketing de lançamento pode incluir estas informações e divulgar a imagem de um produto “sustentável”, explicitando as formas de retorno após o consumo. Todas estas informações devem constar do plano de fim de vida a ser “congelado” e transferido para o processo de produção.

Finalmente, na macro-fase de pós-desenvolvimento, uma das atividades de Acompanhar Produto e Processo será monitorar o desempenho ambiental do produto. Já na fase de Descontinuar Produto, a estratégia de fim de vida será então colocada em prática e devem ser registradas as lições aprendidas, incluindo as boas práticas descobertas e problemas nas diversas etapas referentes à remanufatura.

Da mesma forma que com relação a quaisquer outras soluções, as maiores oportunidades de melhorias ambientais de um produto estão nas primeiras fases do seu processo de desenvolvimento, em que os graus de liberdade no estabelecimento das características do produto e o potencial para melhorias ambientais são grandes. Estimativas apontam que de 60 a 80% do impacto ambiental total de um produto é determinado nestas fases. Conforme as características e os detalhes do produto vão sendo estabelecidos, os graus de liberdade das escolhas vão diminuindo gradualmente. Nas fases finais do processo, o conhecimento do produto é grande, mas as possibilidades de mudança do design são pequenas devido ao grande número de decisões que já foram tomadas durante o processo. Neste ponto, as opções de melhoria ambiental se restringem aos processos de produção, logística, reciclagem, etc. (PIGOSSO, 2008).

6. Considerações finais

Este artigo trouxe algumas considerações sobre a inclusão do objetivo da remanufatura no processo de desenvolvimento de produtos. Para que o projeto para remanufatura (tanto na aceção ampla como na restrita) se desenvolva, é necessária a participação dos fabricantes originais (OEMs).

Ao contrário, o que se presencia freqüentemente são projetos dificultando a remanufatura, para evitar que ela seja feita por terceiros (pois a grande dificuldade em garantir a mesma qualidade do produto original faz a remanufatura ser vista erroneamente como um mercado de qualidade e preços reduzidos). Ou ainda, projeto para única vida, com finalidade de reduzir custos imediatos (por exemplo, com uso de colas como fixadores para agilizar montagem, ou de plástico em vez de metais para reduzir peso e gastos com transporte).

A inexistência de legislação específica para remanufaturados no Brasil e conseqüente tratamento de tais produtos como usados, além de dupla tarifação certamente são elementos que compõem o quadro que desestimula produtores originais à prática da remanufatura.

Além de um ambiente externo que estimule a remanufatura, é necessário que os produtores disponham de abordagens e métodos que auxiliem o desenvolvimento de novos produtos visando à remanufatura. Atualmente, as opções disponíveis concentram-se no Projeto Conceitual, sob o nome de Projeto para Remanufatura. Contudo, conforme demonstrado neste

artigo, é necessário o desenvolvimento e sistematização de abordagens e métodos tanto no pré-desenvolvimento como no projeto detalhado.

No pré-desenvolvimento - ou Modelo de Negócio e da Estratégia de Projeto do Produto, segundo definição de Gray & Charter (2006), fazem-se necessários métodos de análise de portfólio que considerem *trade-offs* entre modelos de negócio e linhas de produto visando otimização do desempenho ambiental durante os diversos ciclos de vida. Como nem sempre a remanufatura é a melhor opção de fechamento do ciclo de vida dos produtos, tanto ambiental como economicamente (como no caso do giroscópio), os diferentes modelos de negócio a serem analisados podem incluir modelos que não utilizem a remanufatura.

Ainda no pré-desenvolvimento, são necessárias técnicas para planejamento de plataformas visando à reutilização de produtos.

Já na fase do projeto detalhado, apontam-se aspectos importantes como técnicas para o planejamento de processo de desmontagem e métodos que permitam uma avaliação conjunta de montagem e desmontagem, para que, ao final do detalhamento do processo de fabricação, os processos de remanufatura já estejam delineados de forma a otimizá-los.

Além do projeto, é indispensável o planejamento de outras atividades envolvidas com a remanufatura, como a logística reversa, para coleta dos núcleos e as operações em si, com a redução da rejeição de produtos remanufaturados.

Referências

- ALTING, L. & LEGARTH, J. B.**. *Life Cycle Engineering and Design*. CIRP Annals. 1995.
- BAUMANN, H.; BOONS, F. & BRAGD, A.**. *Mapping the green product development field: engineering, policy and business perspectives*. In: Journal of Cleaner Production, vol. 10, P. 409 – 425. 2002.
- BOURKE, R.** *Unified product lifecycle management*. A QUAD White-paper. 2000.
- BYGGETH, S. & HOCHSCHORNER, E.** *Handling trade-offs in Ecodesign tools for sustainable product development and procurement*. Journal of Cleaner Production, vol. 14, p.1420-1430. 2006
- GRAY, C & CHARTER, M.** *Remanufacturing and product design - designing for the 7th Generation*. The Centre for Sustainable Desing. 2006.
- COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS.** *Livro verde sobre a política integrada relativa aos produtos*. Bruxelas. 07/02/2001.
- GUELERE FILHO, A. & ROZENFELD, H.** *Integrating Ecodesign Methods and Tools into a Reference Model for Product Development*. Proceedings of IV Global Conference on Sustainable Manufacturing. 2006
- IJOMAH, W. L.; MC MAHON, C. A.; HAMMOND, G. P. & NEWMAN, S. T.** *Development of robust design-for-remanufacturing guidelines to further the aims of sustainable development*. International Journal of Production Research. Vol. 45, nros. 18-19, p.4513-4536. 2007.
- KERR, W. & RYAN, C.** *Eco-efficiency gains from remanufacturing: A case study of photocopier remanufacturing at Fuji Xerox Australia*. Journal of Cleaner Production, vol 9, p. 75-81. 2001.
- PIGOSSO, D. A.** *Integração de métodos e ferramentas do eco-design ao Processo de Desenvolvimento de Produtos*. (Relatório final de Iniciação Científica apresentado à FAPESP). São Carlos. 2008.
- ROZENFELD, H; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C.; DA SILVA, S. L.; ALLIPRANDINI, D. H. & SCALICE, R. K.** *Gestão do desenvolvimento de produtos – uma referência para a melhoria de processo*. São Paulo: Saraiva. 2006.
- STEINHILPER, R.** *Remanufacturing: the ultimate form of recycling*. 1998.
- SUNDIN, E.** *Product and Process Design for Successful Remanufacturing*. PhD Dissertation, Linköping's Universitet. 2004.

THIERRY, M; SALOMON, M.; VAN NUNEN, J. & VAN WASSENHOVE, LUK. *Strategic Issues in Product Recovery management.* California Management Review, vol. 37, no. 2. 1995.

VILLALBA, G.; SEGARRA, M.; CHIMENOS, J. M.; ESPIELL, F. *Using the recyclability index of materials as a tool for design for disassembly.* Ecological Economics, vol. 50, p. 195-200. 2004.